ChinaXiv合作期刊



# 原创性、引领性科技攻关的历史经验

## ——以国家超导攻关为例

**顾 超**

北京大学 科学技术与医学史系 北京 100871

chinaXiv:202303.08779v1

**摘要** 加强原创性、引领性科技攻关是强化国家战略科技力量、实现科技自立自强的关键。1987 年开始的国家超导研究开发攻关项目属于引领性、原创性的科技攻关，帮助中国的高温超导研究完成了从落后、跟跑到并跑甚至领跑的跨越，但是并未产生“从 0 到 1”的原始创新。国家超导攻关的历史经验对于原创性、引领性科技攻关有重要启示：（1）基础研究要分类精准施策，区分原始创新与应用牵引、突破瓶颈的基础研究；（2）加快培育战略科学家，充分发挥他们在联结政府与科学共同体之间的枢纽作用；（3）加强国家创新平台建设，将部分集中攻关转化为对战略科技力量的长期支持。

**关键词** 科技攻关，举国体制，高温超导，原始创新

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20210613001

面对新一轮科技革命和产业变革深入发展的新局面，党的十九届四中全会提出要“构建社会主义市场经济条件下关键核心技术攻关新型举国体制”；《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出要“加强原创性引领性科技攻关”，“在事关国家安全和发展全局的基础核心领域，制定实施战略性科学计划和科学工程”。在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会和中国科学技术协会第十次全国代表大会上，习近平总书记发表重要讲话强调，“加强原创性、引领性科技攻关，坚决打赢关键核心技术攻坚战”。在“十四五”及今后更长的时期，我国经济社会发展和民生改善比过去任何时候都更加需要科学技术解决方案，都更加需要增强创新这个第一动力。加强原创性、引领性科技攻关已成为打好关键核心技术攻坚战，解决国家急迫需要和长远需求，强化国家战略科技力量的关键。本文以 1987 年开始的国家超导攻关为典型案例，通过梳理历史脉络剖析国家超导攻关的特点，为加强原创性、引领性科技攻关提供管窥之见。

资助项目：中国科学院科技战略咨询研究院2020 重大咨询专项（8201701790）
修改稿收到日期：2021年8月24日

ChinaXiv合作期刊



chinaXiv:202303.08779v1

## 1 国家超导攻关的历史及其经验

高温超导研究是我国当代科学史上的一个典型案例。一方面，超导是物理学的重要研究领域，属于基础科学研究。另一方面，超导研究在当时乃至现在仍是一个内在机理和技术路线不完全确定的研究前沿。与“两弹一星”相比，国家超导攻关属于引领性、原创性的科技攻关。我国超导研究起步比国际上晚近50年，但在高温超导领域很快赶上，目前已经跻身国际先进甚至领先行列[1]——其历史经验对加强引领性、原创性科技攻关，完善新型举国体制有很好的借鉴作用。

### 1.1 国家超导攻关的历程

1986年，美国IBM公司苏黎世研究实验室的柏诺兹（Bednorz）和缪勒（Müller）[2]在钡镧铜氧化物（Ba-La-Cu-O）中观察到了30 K左右的超导临界转变温度（$T_c$）。由于长期以来$T_c$的提升非常缓慢，达到这一温度一般需要使用昂贵的液氦，因此$T_c$成为制约超导体广泛应用的一个主要瓶颈。这一发现很快被日本、美国和中国的研究团队证实。1987年2月，中国科学院物理研究所（以下简称“物理所”）的赵忠贤研究团队[3]与美国休斯敦大学的朱经武研究团队[4]分别独立发现钇钡铜氧（Y-Ba-Cu-O）化合物的$T_c$达到93 K左右，首次实现了液氮温区（77 K）的超导，掀起了全世界探索更高$T_c$超导材料的研究热潮。虽然争夺科学发现优先权的竞争在科学史上屡见不鲜，但像高温超导这样激烈的全球“科学锦标赛”，仍然是非常罕见的。竞争名次和优先权的时间标度，甚至以小时来计算[5]。

鉴于这种形势，当时党中央和国务院领导作出指示①：超导研究竞争激烈，国内许多大学、科研单位纷纷搞起来，难免分散力量，不利于取得更高成果和应用，也不利于与国际上开展竞争。为此建议由方毅同志牵头，国家计划委员会（简称“国家计委”）、国家教育委员会（简称“国家教委”）、国家科学技术委员会（简称“国家科委”）、中国科学院（简称“中科院”）各出1名负责人，组成协调小组统筹我国超导科研攻关工作。据时任中科院基础局数学物理处处长李满园说：“当时超导研究力量分散，经费也紧张，普遍缺设备，有些设备还需要进口，稀土材料也特别贵，针对这个情况，提出组建国家超导联合研究开发中心。”①

1987年5月，国务院决定成立国家超导攻关领导小组，组织国内超导研究力量，统筹超导科研攻关工作。国家超导攻关领导小组组长为时任中央政治局委员、国务委员方毅，副组长为时任国务委员、国家科委主任宋健和国家计委副主任柳随年，成员包括国家经济委员会（简称“国家经委”）、国家教委、国家科委、中科院、国家自然科学基金委员会（简称“自然科学基金委”）等单位的领导；领导小组下设办公室，负责办理日常工作，办公室设在国家科委②。

1987年5月9日召开的国家超导攻关领导小组第一次会议决定，成立超导技术专家委员会，组建国家超导技术联合研究开发中心（以下简称“国家超导中心”）③。国家超导中心的职责是：① 受国家超导攻关领导小组的直接领导，是国家超导攻关的实体，负责实施“国家超导攻关计划”。② 负责建立国家超导实验室，承担超导攻关的重要任务。③ 在学术上对参加超导攻关各单位的有关研究工作进行指导。④ 掌握少量机动费用，采用专项资助的方式，重点支持分

① 笔者于2020年11月13日对李满园的访谈。
② 国务院办公厅关于成立国家超导攻关领导小组的通知（国办发〔1987〕27号）。
③ 中国科学院物理研究所学术服务部综合档案室：关于刻印超导技术联合研究开发中心印章的请示，1987年8月5日，A003-WS-00264。

ChinaXiv合作期刊



散在各地的高水平的研究项目或有显著特色的研究课题。⑤ 建立超导测试中心，负责制定统一的测试方法和测试标准。⑥ 负责国内外超导情报的收集与分析研究工作，组织国际合作。⑦ 负责对超导攻关项目的研究成果进行审议、评定和登记，协助专家委员会组织超导研究重大成果的鉴定④。

国家超导中心的建立标志着国家超导攻关的正式启动，体现了科技举国体制的4个鲜明特点[6]：① 在中央设置专门的事务主管部门，即高规格的国家超导攻关领导小组；② 通过选拔，组建承担专门事务的“国家队”——国家超导中心和专家委员会；③ 为专门事务提供超量的经费和其他资源，即国家超导中心掌握的“少量机动费用”，以及建设国家超导实验室带来的资源；④ 对专门事务进行严格的组织管理，即由国家超导中心负责实施国家超导攻关计划。

1987年7月，国家计委设立了专项，下达了专项费用，并批准在物理所筹建国家超导实验室。国家超导中心配合专家委员会迅速提出了超导攻关的近期研究计划，并落实了第一批攻关任务的承担单位⑤。根据国家超导攻关领导小组批准下达的攻关工作规划，截至1988年7月，国家超导中心组织了20个单位进行规划中规定的项目研究，举办了4次全国性的高温超导研究的工作汇报会和学术讨论会，出版了《超导快报》，建立了全国的超导情报网，举办了1次北京国际高温超导电性学术研讨会，组织了40人次参加国际上有关高温超导电性的学术会议⑥。特别是从1987年度下半年起，超导攻关集中在4个方面：① 继续探索更高临界温度的超导材料；② 努力提高高温超导材料的临界电流密度，进一步改进原有的工艺和发展新的工艺；③ 研制高质量的高温超导薄膜；④ 液氮温区的超导量子干涉（SQUID）器件和其他高温超导电子器件的研制⑦。1年来的攻关工作取得2项主要成绩：① 各攻关单位的工作开始出现各有自己特色，而又能相互配合的局面，几个月前那种各个单位工作内容都差不多，相互简单重复的局面已经发生了很大变化⑧；② 在国内外刊物上发表有关高温超导电性的学术论文800余篇⑨。

除了筹建国家超导实验室外，国家超导中心之后几年的工作主要集中在3个方面：① 明确研究和开发工作的焦点和奋斗目标，即制定年度攻关计划。② 制定标准。例如，1990年国家技术监督局授权国家超导中心为国际电工委员会超导技术委员会（IEC/TC90）在我国的技术归口单位，代表中国参与超导国际标准的制定和承担国家超导标准的制定工作。1991年，国家超导中心组织成立了IEC/TC90中国联络组，每年拨专款支持超导标准和专利工作。③ 争取和分配经费，组织学术交流，通报信息，下达攻关任务并帮助各单位间建立协作等⑩。

④ 中国科学院物理研究所学术服务部综合档案室：超导通讯第11期——我国高温超导研究仍居世界前列，1987年8月12日，A003-WS-00268。

⑤ 中国科学院物理研究所学术服务部综合档案室：超导技术联合研究开发中心前阶段工作汇报，1987年9月1日，A003-WS-00265。

⑥ 中国科学院物理研究所学术服务部综合档案室：国家超导研究开发攻关项目年报（1987.7—1988.7），1989年2月22日，A003-WS-00330。

⑦ 中国科学院物理研究所学术服务部综合档案室：国家超导研究开发攻关项目年报（1987.7—1988.7），1989年2月22日，A003-WS-00330。

⑧ 中国科学院物理研究所学术服务部综合档案室：超导技术联合研究开发中心前阶段工作汇报，1987年9月1日，A003-WS-00265。

⑨ 中国科学院物理研究所学术服务部综合档案室：国家超导研究开发攻关项目年报（1987.7—1988.7），1989年2月22日，A003-WS-00330。

⑩ 中国科学院物理研究所学术服务部综合档案室：国家超导研究开发攻关项目年报（1987.7—1988.7），1989年2月22日，A003-WS-00330。

chinaXiv:202303.08779v1

ChinaXiv合作期刊



chinaXiv:202303.08779v1

1991 年国家超导实验室通过验收，后列入国家重点实验室管理系列，定名为超导国家重点实验室；而国家超导中心虽然并未撤销，但其集中攻关的功能随着国家“八五”计划的完成而逐渐弱化。比如，国家超导攻关开始时的“高温超导研究攻关单位”到 1993 年时改称为“高温超导研究综合单位”⑪。1994 年 3 月举行的国家超导专家委员会会议认为，“在当前情况下，只能下决心缩短战线，突击重点，确保在某些方面取得进展。必须坚决地舍弃一部分工作才能保住另一部分工作”⑫。从“七五”计划的第二年（1987 年）到“十五”计划（2001—2005 年）期间，我国通过国家超导中心、自然科学基金委等单位，以及“863”计划、攀登计划、“973”计划等项目计划，先后组织实施了 13 个方面 67 个专项的国家超导攻关和基础研究项目。1987—2004 年，国家投入的总经费为 1.6 亿元；由国家超导中心统计发表的学术论文 7 988 篇，专利 104 项。2001 年后，随着国家对科研投入的增加和管理方式的改变，国家超导中心在国家高温超导研究上的管理和协调作用逐步由科学技术部、自然科学基金委和相关部委以项目管理方式取代。但国家超导中心仍发挥了重要作用，如：承担了 1999 年启动的“973”项目“超导科学技术”的协调和管理；组织全国超导学术会议及筹建国家超导技术标准化委员会，继续开展超导标准化工作[7]。

## 1.2 国家超导攻关的经验总结

（1）原创性、引领性攻关。一方面，高温超导研究的 2 条主线是超导材料研究和超导机理研究，都属于基础科学范畴。此外，在钇钡铜氧化合物发现后，无论是进一步提升 $T_c$、探索高温超导机理的基础研究，还是推进高温超导应用，其研究方案和技术路线仍是不明确的。同时，对高温超导的开发应用只是看到了很好的前景，距离真正的市场化还有很大距离，甚至到今天也没有取得根本性的突破。因此，国家超导攻关具有较强的基础性和探索性，既不同于“两弹一星”对既定目标任务的集中攻关，也不同于新型举国体制所强调的从行政配置资源为主转变为市场配置资源为主、从产品导向转变为商品导向、从注重目标实现转变为注重目标实现与注重效益并重[8]的特点。另一方面，虽然人工合成结晶牛胰岛素的研究也具有基础性和探索性的特征，但在当时的历史背景下，其攻关组织性质不同，属于典型的传统举国体制。1959 年人工合成胰岛素项目正式启动，并被列为国家科研计划，代号“601”（1960 年第一项重点研究项目）。此后，受当时形势的影响，“601”项目还采取过“大兵团作战”的方法，因效果不佳而终止。直到 1963 年后，由中科院上海生物化学研究所、中科院有机化学研究所、北京大学化学系 3 家单位的精干力量紧密协作开展合作攻关，并于 1965 年获得成功[9]。虽然细节上仍有不少差异，但总体而言，只有最后阶段的攻关性质与国家超导攻关是相似的。

（2）长远影响是帮助中国的高温超导研究完成了从落后、跟跑到并跑甚至领跑的跨越。之所以强调长远影响，是因为助推这一跨越的关键不是短期的集中攻关，而是国家对高温超导研究领域长期持续的重视和支持。在 2008 年铁基超导体发现之前，全世界的高温超导研究都进入了瓶颈期。超导国家重点实验室的设立和国家的长期经费支持为中国的超导研究培养了大量人才，同时保障了高温超导的研究不会中断。因此，在 2008 年铁基超导体发现后，中国科学家立即取得了很多新的超导材料世界纪录，迅速占领了铁基超

⑪ 中国科学院物理研究所学术服务部综合档案室：国家超导研究开发攻关项目年报（1993.1—1993.12），1994 年 1 月 1 日，1993-A-04-002。

⑫ 中国科学院物理研究所学术服务部综合档案室：超导通讯——国家超导专家委员会会议通报，1994 年第 1 期，1994 年 4 月 11 日，1994-B-01-009。

ChinaXiv合作期刊



chinaXiv:202303.08779v1

导研究的高地。

（3）中国的高温超导研究进入了“第一梯队”，但并未取得“从0到1”原始创新。对高温超导的科学史研究表明，高温超导的发现是“从0到1”的原始创新，钇钡铜氧和铁基超导体的发现都是一阶创新；而通过跟踪性、扩展性的研究取得比较重要的创新成果的、能够推动常规科学进步的，属于二阶创新⑬[10]。通过国家超导攻关产生的大量SCI论文、部分“领跑”成果甚至世界纪录，以其创新的性质而言，也是二阶创新。当然，影响原始创新产生的因素很多，科学研究的组织方式只是其中的一个因素，甚至未必是主要因素。并且在同时期，全世界的超导研究也没有产生原始创新，只获得了少数一阶创新。因此，值得强调的是，“通过国家超导攻关没有取得原始创新”是一个事实判断，但并不能因此直接推论，我国超导研究没有获得原始创新的原因是国家超导攻关。对于这个问题需要下一步更深入的研究。

## 2 国家超导攻关对原创性、引领性科技攻关的启示

（1）对于基础研究要分类精准施策。国家超导攻关的成功经验在于通过集中攻关、统筹布局和长期支持，使中国在高温超导领域整体上进入了世界先进行列；不足之处在于没有产生“从0到1”的原始创新。因此，对于一个具体的基础研究问题是否适用于科技攻关的模式，要区分创新的性质——是“从0到1”的原始创新还是应用牵引、突破瓶颈的基础研究。对不同类型的基础研究，支持方式、评价机制都是不一样的。① 对于应用牵引、突破瓶颈的基础研究，国家集中攻关可以通过经费支持、基础建设、人才培养、统筹协调，为扩展性、应用性创新提供条件。② 对于从“0到1”的原始创新，不确定性是其内在的本质特征，无法确定目标、分解任务、计划进度、制定指标、预计收益。因此，政府发挥作用主要不是具体组织科技攻关，而是通过深化改革营造鼓励创新的体制环境[11]和文化土壤。急功近利、拔苗助长、以管理工程的方式管理基础研究，都不利于原始创新的产生。创造一种良好的创新环境、给予长期稳定的支持，才有可能出现原始创新。

（2）加快培育战略科学家。之前的研究普遍认为，完善新型举国体制的关键在于有效市场和有为政府的结合。然而，对于尚未转化为应用产品的基础科学，起决定作用的不是市场，而是科学家及科学共同体。因此，新型举国体制不仅要处理好政府与市场之间的关系，更要充分发挥科学共同体的自主性和能动性。国家应持续大力支持基础研究，同时保留研究机构“对政策、人员、研究方法和研究范围的内部控制权”[12]。然而，从事基础研究的科学家，其出发点是基础研究本身产生的一般性知识及其对自然规律的理解，并不考虑实际目的。往往也是这类“只问是非，不计利害”的科学家，最有可能取得原始创新。但是，不考虑实际目的，意味着与国家需求之间是有一定张力的。只有少数战略科学家能够根据对科技与社会发展趋势的预判，着眼于国家和人民的长远利益，将科技创新与国家战略结合起来，对关键领域的科学问题和“卡脖子”技术进行前瞻性的研究布局，对社会领域的重大问题进行科学思考，并用科技进步引领国家和社会发展。战略科学家既是科学共同体的带头人，也是国家利益的战略规划者，发挥着联结政府与

⑬ 我们之前的研究认为，“从0到1”的原始创新具有2点内在特征：① 深刻改变研究领域的整体格局和研究面貌，一般开辟了新的研究领域；② 具有颠覆性的范式革新意义，一般建立或直接催生了新的范式。一阶创新有两种类型的内在特征：① 具有一定的颠覆性，但程度不如原始创新，未能建立新的范式；② 在新范式建立起来之前，最为有效推动常规科学的进步。在原始创新和一阶创新基础上，其他跟踪性、扩展性的研究，取得比较重要的创新成果的，能够推动常规科学进步的，属于二阶创新。

ChinaXiv合作期刊



chinaXiv:202303.08779v1

科学共同体的枢纽作用，因而是主导原创性、引领性科技攻关的最佳人选。要进一步完善国家科技决策咨询制度，在发挥战略科学家建言献策功能的同时，促进他们更多地实际参与决策[13]。同时，要赋予战略科学家更大的创新自主权，打造一大批与学科发展、前沿交叉、重大战略任务相适应的高水平创新团队，充分发挥各类科学家的比较优势和团队力量。

（3）加强国家创新平台建设。“投一分钱，就想要有一分回报”，这种刚性的目标管理思路是不利于科技创新的。国家超导攻关从临时性的集中攻关逐步转化为常态化的国家重点实验室建设，为原创性、引领性科技攻关的目标管理提供了经验。国家主导的科技攻关是目标明确，时间进度、投资规模限定的指令性计划，势必对目标、时间、人力、财力等要素采取刚性管理。然而，科技创新过程必然存在探索性和不确定性，因此原创性、引领性科技攻关的目标管理既要按照国家指令性计划的要求，也要遵循科技创新的基本规律，探索一套刚柔结合的管理模式[14]。将具体的集中攻关目标转化为对战略科技力量特别是国家创新平台的长期支持，促进其良性发展、自我成长，是一条切实可行的路径。

## 参考文献


1 周兴江. 高温超导的发展历程及其重要意义. 科学通报, 2017, 62(8): 745-748.

2 Bednorz J G, Müller K A. Possible High-$T_c$ superconductivity in the Ba-La-Cu-O system. Zeitschrift Für Physik B Condensed Matter, 1986, 64(2): 189-193.

3 Zhao Z X, Chen L Q, Yang Q S, et al. Superconductivity above liquid-nitrogen temperature in Ba-Y-Cu oxides. Science Bulletin, 1987, 32(10): 661-664.

4 Wu M, Ashburn J, Torng C, et al. Superconductivity at 93-K in a new mixed-phase Y-Ba-Cu-O compound system at ambient pressure. Physical Review Letters, 1987, 58(9): 908-910.

5 刘兵. 早期高温超导体发现的历史考察. 二十一世纪, 1995, 28(4): 89-97.

6 钟书华. 论科技举国体制. 科学学研究, 2009, 27(12): 1785-1792.

7 《中国科学院物理研究所志》编纂委员会. 中国科学院物理研究所志（1928—2010）. 北京: 中国大百科全书出版社, 2015: 179-180.

8 任平. 新型举国体制助力重大科技创新. 人民日报, 2016-01-26(07).

9 熊卫民. 人工全合成结晶牛胰岛素的历程. 生命科学, 2015, 27(6): 692-708.

10 顾超. 科学史视域下的原始创新：以高温超导研究为例. 科学学研究, 2021, doi: 10.16192/j.cnki.1003-2053.20210810.002.

11 樊纲. “新型举国体制”要防“科技烂尾”. 中国中小企业, 2021, (4): 19.

12 范内瓦·布什, 拉什·D·霍尔特. 科学：无尽的前沿. 崔传刚, 译. 北京: 中信出版社, 2021: 100.

13 樊春良. 科技举国体制的历史演变与未来发展趋势. 国家治理, 2020, (42): 23-28.

14 许平, 何国祥, 寿丹娟. 科技攻关项目管理现代化的研究与实践. 中国科学院院刊, 1997, 12(6): 407-410.

ChinaXiv合作期刊



# Historical Experience of Tackling Original and Leading Problems of Science and Technology

## —Case Study of National Superconductivity Research

GU Chao

( Department of History of Science, Technology and Medicine, Peking University, Beijing 100871, China )

**Abstract** Tackling original and leading problems of science and technology (TOLPST) is the key to strengthening national strategic scientific and technological forces and achieving scientific and technological self-reliance of China. The national superconductivity research which began in 1987 is a typical TOLPST. It has helped China's high-temperature superconductivity research leap from backwardness, follow-up phase to parallel running state or even leading position, but it did not produce original innovation. The historical experience of national superconductivity research has important implications for TOLPST: (1) Basic research should be categorized and accurately implemented, especially the original innovation should be distinguished from the application-oriented research or that breaks bottlenecks. (2) China should speed up the cultivation of strategic scientists and give full play to their pivotal role that connects the government and the scientific community. (3) China should strengthen the construction of the national innovation platform, and transform part of the concentrated TOLPST into long-term support for strategic scientific and technological forces.

**Keywords** tackling key problems of science and technology, whole-nation system, high-temperature superconductivity, original innovation

chinaXiv:202303.08779v1



**顾 超** 北京大学科学技术与医学史系博士后。主要研究领域为中国当代科技史、科学社会学。E-mail: guchao1986@pku.edu.cn

**GU Chao** Postdoctoral researcher in the Department of History of Science, Technology and Medicine, Peking University, China. He is currently working on contemporary history of science in China, sociology of science, and STS (Science, Technology and Society). E-mail: guchao1986@pku.edu.cn

■责任编辑：张帆